

سلسلة من كل علم خبر

الاكتشافات الكبيرة

مِنَ الحِرَفِ اليَدَويّة إلى الصّناعَة

(١٧)

- لوحة الألوان المركّبة
- المحرّك المتفجّر يجهّز ملايين السيّارات
- التبنيج المخدّر

Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette

منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٢٢٦٠٨٥-٢٣٨١٨١

لوحة الألوان المركّبة

حيّ الصباغين ، في مدينـة من مدن المغرب .



إنّ جمالَ الأُنسجةِ الغنيّة الألوان ، لَيُسمِّرُ النساءَ ويُثيرُ زَهوَهُنّ (١) في كل مكان وزمـــان ...

عَرف الأقدمون الأرجُوان ، ذلك الصباغَ الذي كانوا يَستخرجونه من أَصداف « المُوركس » المتوسِّطيَّة . ثمّ مرّت قرونٌ بكامِلها ، لم يَعرفْ فيها الصبّاغون غيرَ القليل من المواد الصابغة ، ذاتِ الأصل النباتيّ ، « كالغارانس » (تلك النبتة الصفراء التي طالما صُبِغَت بها سراويل الجنود الفرنسيّين) ، والنِيلَج ، أو ذات الأصل الحيوانيّ كالقِرمِز .

ولكنْ ، مهما يكن الجسمُ غنيّـاً باللَون ، فهو نادراً ما يَصلُح للصِّباغ ؛ إذ لا بدّ لتركيبه الكيميائيّ من أنْ يُؤَمِّنَ له ، بالإضافة الى اللون ، سهولةَ الانتقال الى أَليافِ الأنسجة ، وثباتَ التَشبُّثِ (٢) بها ، والاّ ضاعَ الصباغ مع الغَسـل .



١ – أحد أغنياء الكلدانيّين في ثوب أُرجوانيّ . ٢ – صدفة « المُوركس » . ٣ – غصن من شجيرة النيلَج . ٤ – نبتـة « الغارانس » . ٥ – حشرة القِرمز . وقد زوّدت الصباغين زمناً طويلاً باللون الإرجوانيّ والأزرق النيليّ ، والأحمر القرمزيّ .

لم يكنْ عالِمُ الكيمياء الانكليزي ، « وِليم هنري بِركين » (١٨٣٨ – ١٩٠٧) ، قد تجاوزَ الثامنةَ عشرة ، عندما باشر أَبحاثه ، في سبيل الحصول على الكِينين التركيبيّــة ، باعتماد النفتلين . وعندما باءَت جهودُه بالفَشَل[٣] ، دفعَه إخفاقُه الى محاولةِ أَكسَدَةِ سُلفاتِ الأنيلين ، بثاني كرومات البوتاس . أخفقت[٤] محاولتُه الجديدة كذلك ؛ الاّ أنّه ، بدلَ أنْ يحصُلَ على الكينين ، حصل على مادّة ملوِّنة فخمة هي « اللَيْلَكين » . كان هذا اللونُ اللَيْلَكيّ السهلُ الالتصاق بالحرير وبالقطن ، من الجمال والغنى والثبات ، بحيثُ كَسَفَ[٥] الألوانَ اللَيْلكيَّة الطبيعيَّة كلَّها .

قرّر « بِركين » استثمارَ اكتشافِه على صعيد تجاريّ . وبعدما عانى[٦] الكثيرَ من الصعوبات ، في نقل اكتشافه من حَيِّزِ المختبر الى التطبيق العمليّ ، توصَّل الى تصنيع الطريقة ، ولقد نال هذا الصباغ الصناعيّ من النجاح ، في باريس ، ما مكَّنَه من فرض نفسه على المتأنّقات . فكتبت « صحيفة السيّدات والآنسات » في خريف ١٨٦٠ : « ليس ما هو أجملُ وآنقُ من أنْ تزيِّني فستانَكِ بضمَّة متدرِّجة

الألوان من زهرات « لا تنسني » ، أو بباقةٍ من اللَيلك ... » وهكذا انتشر اللـونُ الليلكيّ واعتُمدَ في أوربّا كلِّهـا !

وهكذا انطلقتْ صناعةُ الأَصبغة المركَّبة ، وقد استُخرِج معظمُها من زفت الفحم الحجريّ ، الذي كان يُعتَبرَ ، حتى ذلك الحين ، نِفايةً لا قيمةَ لها . وما زالت مجموعةُ الألوان التي حُصِلَ عليها تزدادُ يوماً بعد يـوم .

ولا بدَّ هنا من الإشارة الى تفصيل

إنّ لونَ اللَيْلكين الساحر الذي حصل عليه « بركين » صدفة ، سيجتاح دنيا الأناقة الباريسيّة ويسود فيها بين عامَي ١٨٦٠ و ١٨٦٥ ...



طريف (٧) : الا وهو أنَّ الانفعال السعيد الذي منه وُلِدَ اللَيْلكين ، ما كان ليحصُلَ ، لو لمْ يحوِ سُلفاتُ الأنيلين المستعمَل ، شيئاً من « التُلْوِيدين » جعلَه غيرَ نقيّ ... فالأوساخ والأدران تلعبُ ، في الغالب ، دوراً رئيساً في الكيمياء ، والكيمياء الفيزيائيّة . ألا نعرفُ مثلاً أنّ الماء عينه ما كان ليصلُحَ للحياة ، لو كان نقيّاً كالماء الذي يستعمله علماءُ الذرّة ، في بُركِ بطّاريّاتِهم ؟ فالماء ، لو صَفا وتنقّى ، لصارَ سائلاً شديدَ القدرة على الحَلّ ، والإفساد والتهْرِئَة .

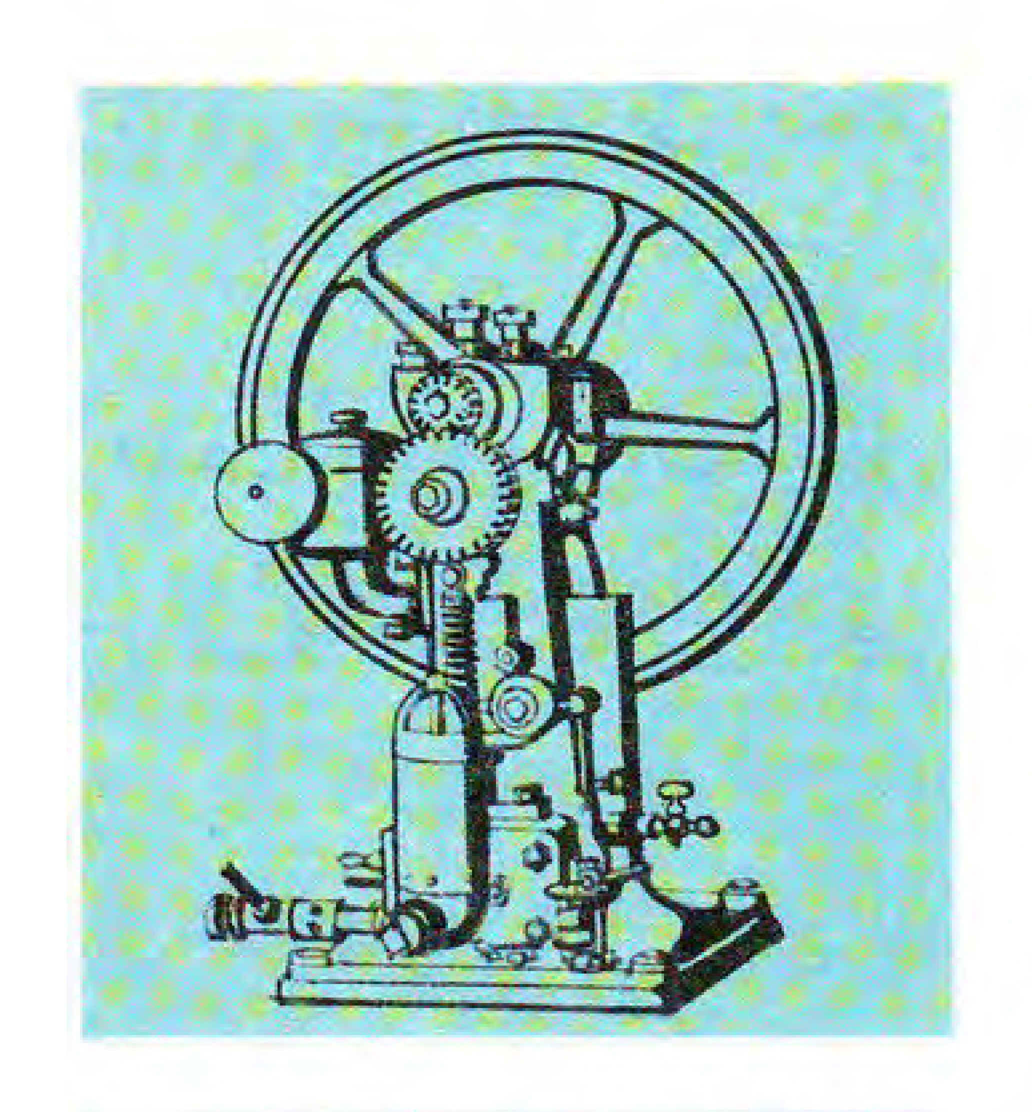
كرّم الملكُ « ادوارد السابع » وليمَ بركين ، فرفعَه إلى مرتبةِ الأَشراف . ولا تزال إدارةُ البريد في بريطانيا تُكرِّمُ ذكرَه ، فتُزَخْرِفُ عدداً من طوابعِها بدُرَيجاتٍ مختلفة من اللَون اللَيْلكيّ ...

التفسير

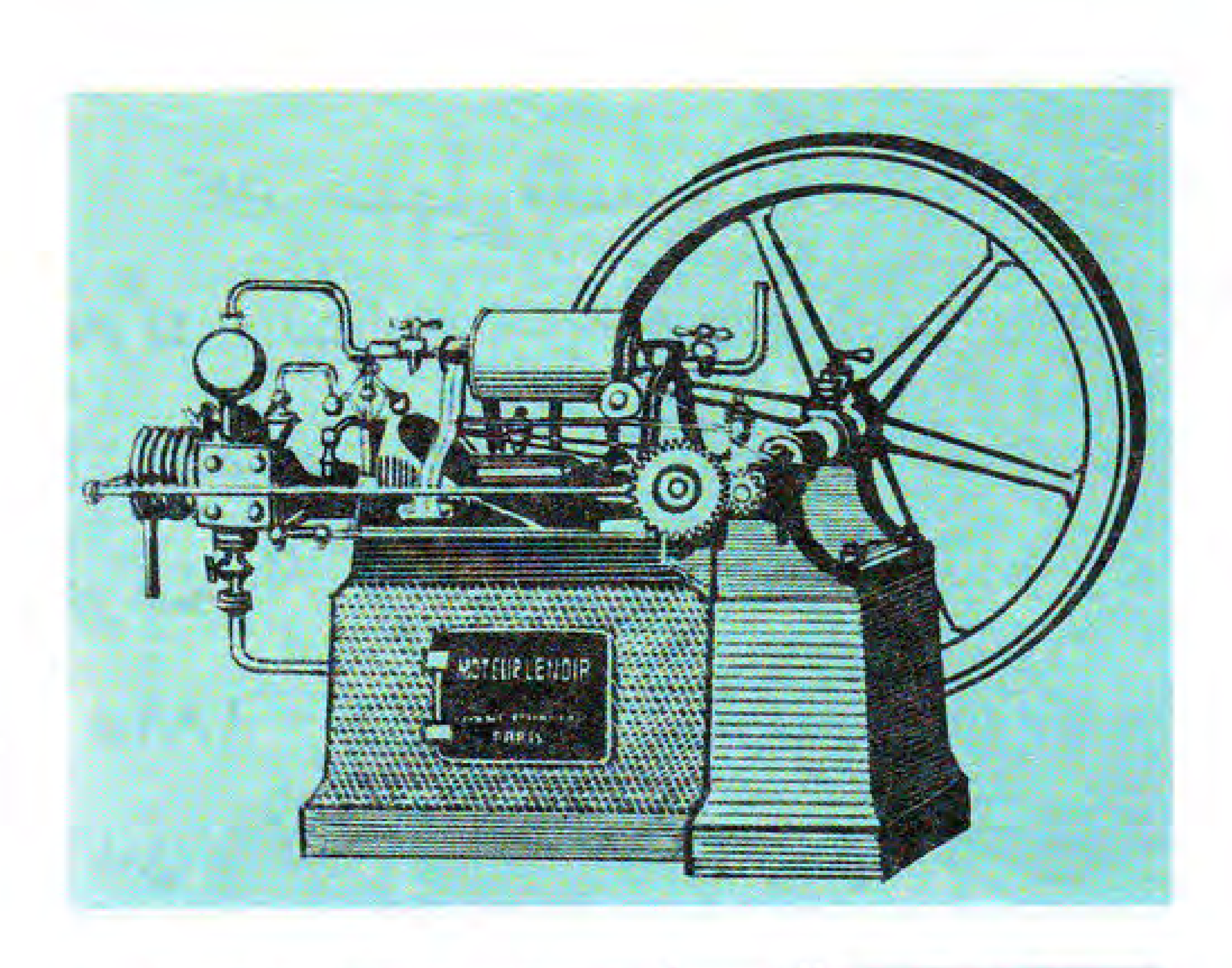
١ – يُثير زَهوهنَّ : يحرِّك كبرياءَهنّ .
٢ – التشبُّث بالشيء : التمسُّك به .
٣ – باءَ بالفشل : لم ينجح ، أخفق .
٤ – اخفقت محاولتُه : لم تنجح ، فَشلت .
٥ – كسف نورُ الشمس النجومَ : أخفاهـا .
٦ – عانى الصعوبات : واجَهها ، تحمَّلها .
٧ – تفصيل طريف : تفصيل غريب ، مُضحك .

الاسئلة

١ – أيَّ صباغ عرف الأقدمون ؟
٢ – ممَّ استخرج القدماء الأصبغة ؟
٣ – أيّة شروط يجب أن تتوفّر في المادّة الصابغة ؟
٤ – من هو « وليم بركين » ؟ وعمَّ كان يبحث ؟
٥ – على أيِّ مادّة حصل ، بنتيجة بحثه ؟
٦ – كيف استقبل الناس اكتشاف اللَيْلكين ؟
٧ – ما الطريف في صُدفة « بركين » ؟



محرّك « لينوار » العامل على الغاز .



محرّك « نقولا أُتّو » ، أوّل محرّك ذي احتراق داخليّ .

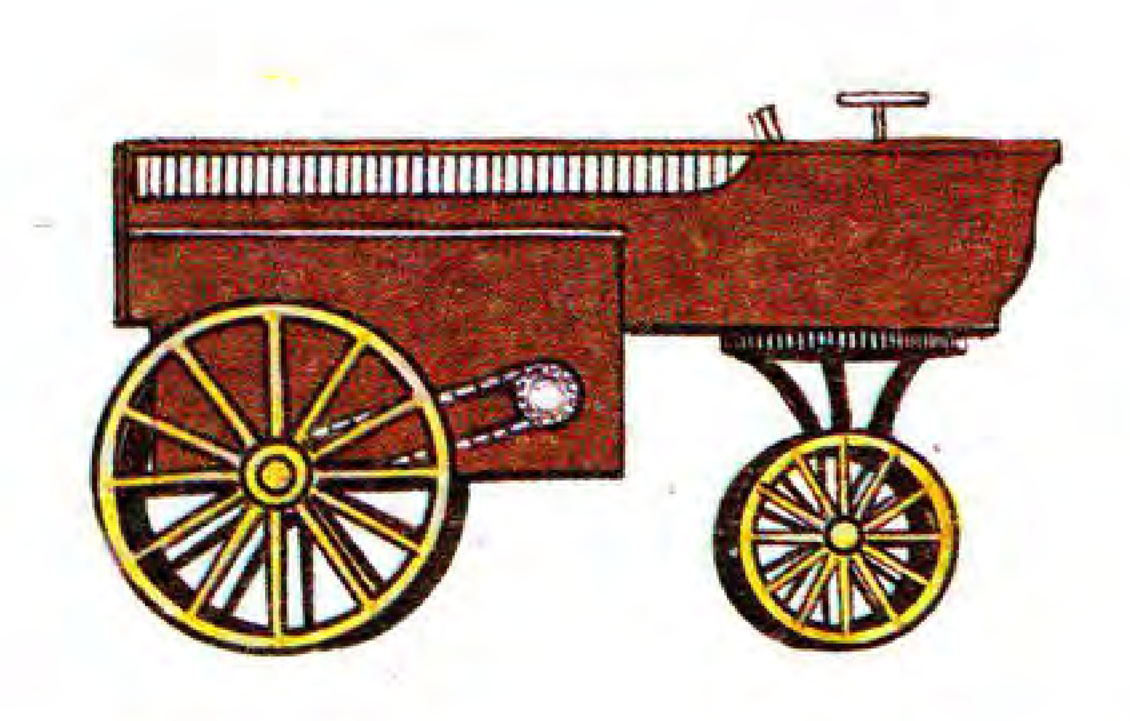
المحرِّكُ المتفجّر يُجهّز ملايين السَّيَّارات

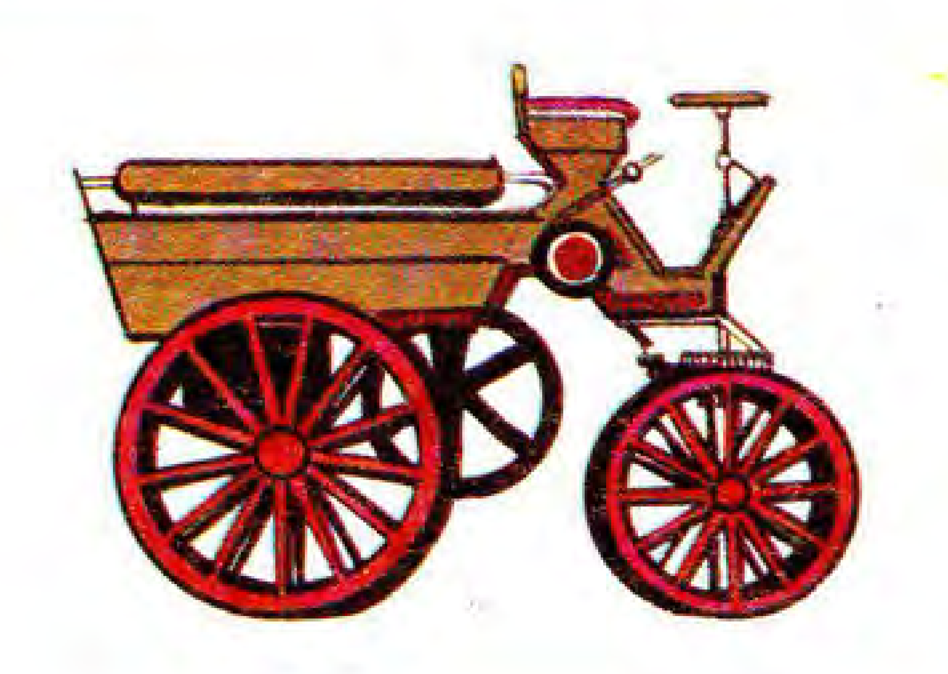
خطرت ببال « فيليب ليبون » ، سنة ١٨٠١ ، فكرةٌ عَبقريّة ؛ أَلا وهي أَنْ يُحِلَّ محلَّ تمدُّدِ البخار ، في اسطُوانةِ الآلَةِ البخاريّة ، الانفجارَ الذي تُسبِّبه شرارةٌ كهربائيّة ، في مزيجٍ من الهواء وغازِ الإنارة ، اكتشفَه قبلَ ذلك بقليل .

ولكنَّ أوَّلَ مُحرِّكٍ عمَل على هذا المبدأ . لم يُسَجَّل إلاّ سنةَ ١٨٦٠ ، وقد صنَعه عاملٌ بَلجيكيّ ، إكتسب الجنسيّة الفرنسيّة ، وهو « إيتيان لِينُوار » (١٨٢٢ – ١٩٠٠) . بعد ذلك بسنَواتٍ قلائل ، بنى « لينُوار » عربةً سيَّارة تَستخدِمُ غازَ النفط (أو البَنزين) « ومُكَرْ بناً » يَعمَل بمبدأ امتصاص الهواء . أمَّا اشتعالُ المزيج الغازيّ ، فكان يؤَمِّنُه سِلكان من البلاتين مُنفصِلان بقطعة من الخزَف ، متّصلان بملفّ « رُمكورف » . ولقد قامت هذه العَربة البَسيطة ، عام ١٨٦٣ ، بقطْعِ المسافة الفاصلة بين « باريس » و « جوانفيل ليبون » (١٨ كيلومتراً) ، في مدى ساعة ونصف . لا تبتسمْ مستخفّاً بهذه السرعة ، فلقد كان ذلك الإنجاز [1] في حينه نجاحاً يَستحقُّ التقدير ... ولكنَّ

بطلَه ، مخترعَ المحرّك ، لن يُحسِنَ الإفادةَ منــه ، ولَسوف يموتُ فقيراً مَنْسِيّاً .

كان سببُ الضعف ، الذي شكاه محرِّك « لينُوار » ، يعودُ الى افتقارِ غازَيْه إلى الضغط قبلَ الانفجار . وهذا مـا أَدركَـه [٢] « أَلفُـونس بُـو دِي رُوشـا » (١٨١٥ – ١٨٩٢) ، المولودُ في « دِين » ، والذي كان يَعمل مهندساً في « شركـة مِيدي » في باريس . فقد أَثبتَ في براءَتِـه الموْدوعة عامَ ١٨٦٢ ما يلي : « إذا أَرَدْنا أنْ يكونَ المحرّكُ ذو الاحتراق الداخليّ اقتصاديّاً ، وَجَب أَنْ يَحدُثَ اشتعالُ المزيج المتفجر ، لا عندما يكون ضغطُ هذا المزيج مُساوِياً للضغط الجوِّي ، بل بعدَ رَفعِه الى ضغطٍ أعـلى . »

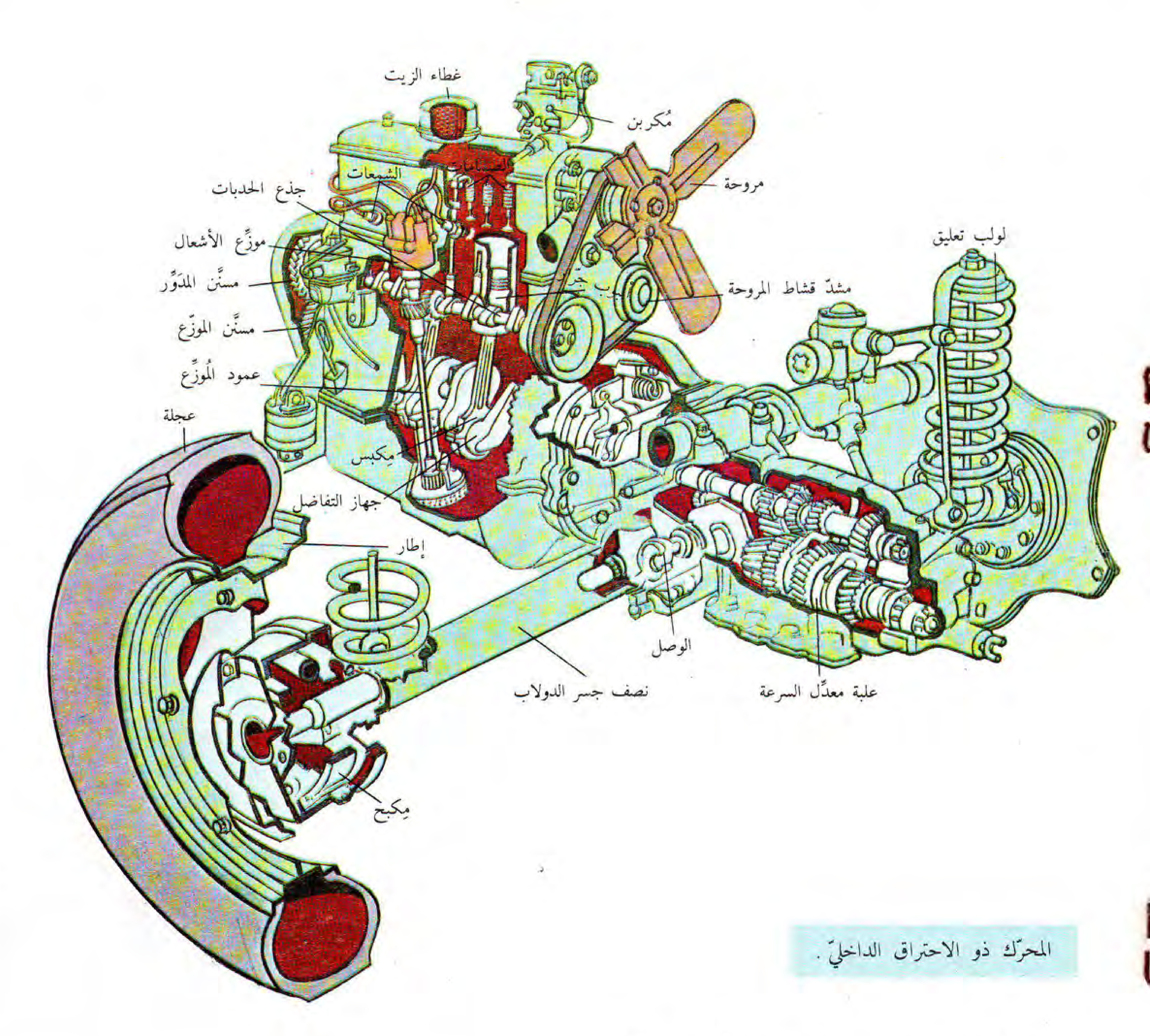

سيّارة « لينوار » .


سيّارة « ديلامار – ديبوتفيل » .

حمَل هذا الاعتبارُ « دي روشا » على التفكير بدَورةٍ ، لا يَكتفي فيها المِكبَس بامتصاص المزيج ، بل يقومُ بضَغطِه أيضاً ، قبلَ أَنْ يُدفَع بفعل الإنفجار. هذا ، على أن يعودَ المِكبسُ ، في حركة رابعة ، الى الوراء فيَدفَعَ الغازاتِ المُحترِقة ، ويطرُدَها .

كان ذلك هو « المُحرِّكُ الرباعِيُّ الحركة » الذي سيشهَدُ مستقبَلاً زاهراً جدّاً . الاّ أنّه لم يجنِ [٣] لُمخترِعِه غيرَ خَيْباتِ الأَمَل . فلقد عاش « دي روشا » فقيراً ؛ ولمّا لَمْ يسمحْ له فقرُه بأنْ يدفعَ الرسومَ السنويّة المترتِّبـة على براءَته [٤] ، فَقَدَ كلَّ حقوقِه عليها .

عاد الألمانيّ « نقولا أُتُّو » ، سنةَ ١٨٧٦ ، فتبنّى فكرَةَ « دي رُوشا » ، وقدَّمَ للمعرض الذي أُقيمَ في باريس ، سنة ١٨٧٨ ، محرِّكاً ذا اسطوانةٍ واحدة رُباعيّـةِ الحركة ، تُرِكَ أحدُ طرَفَيْها مفتوحاً لتسهيل تبريدِها . أمّا الإشعالُ ، فكانت تؤَمِّنه حرّاقتان ، وأمّا مصروفُه من الوقود فكان يُوازي نصفَ مصروف المحرِّك الذي صنعَه « لِينُوار » .



المحرّك ذو الاحتراق الداخليّ.

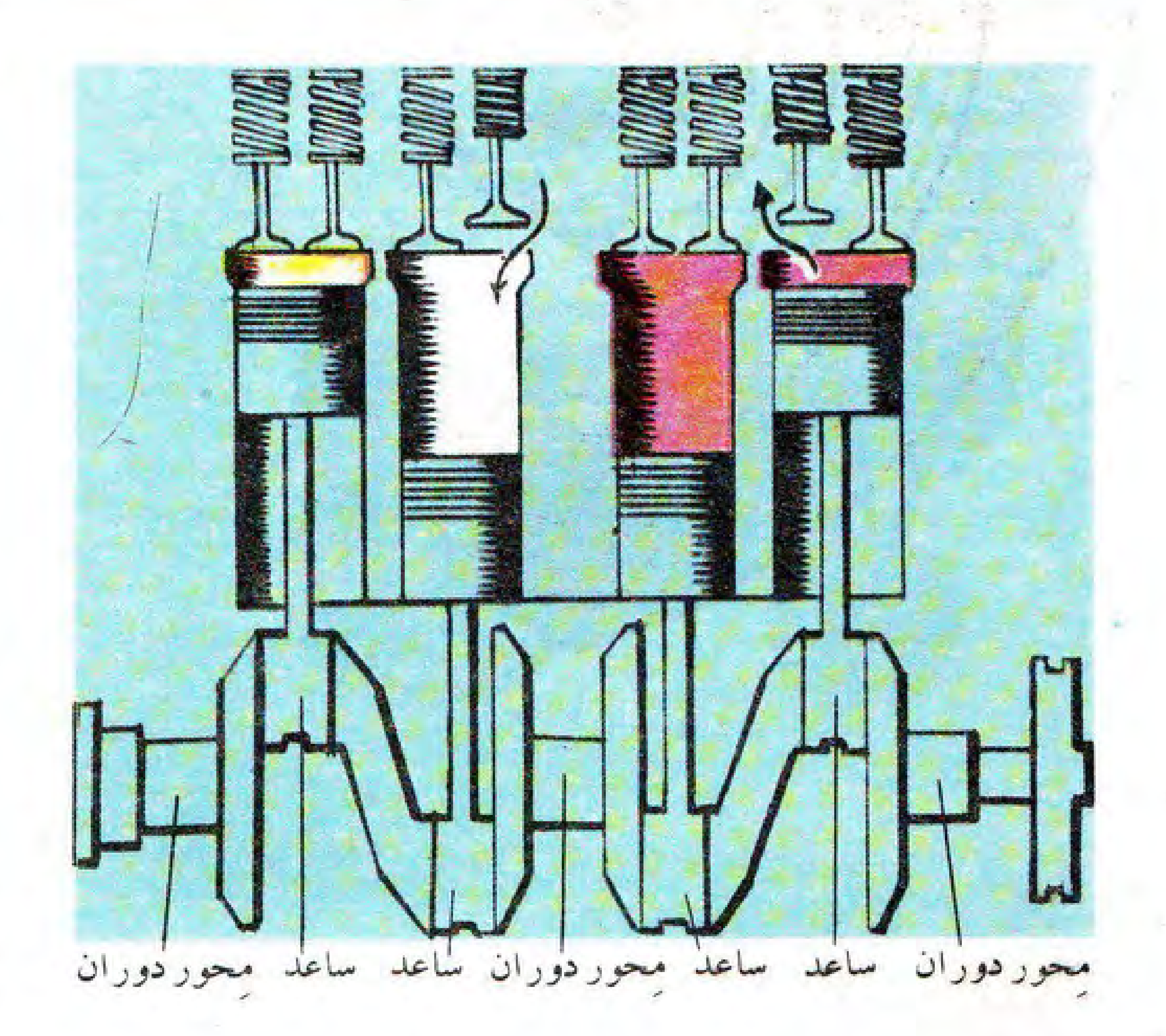
وفيما كان « بو دي رُوشا » يُنهي أيَّامَه هو الآخَر ، في الفقر والبؤس بعدَ سنوات ، كانت مصانعُ « أُتُّو » و « لَنْجِن » قـد أنتجت أكثرَ من ٢٥٠٠٠ محرِّك من هذا النوع .

لم يمنعْ هذا التقدُّمُ الحاسِمُ (٥) بعضَ الباحثين ، من السَعْيِ إلى صُنعِ « العرَبةِ المِثاليّة العَديمة الجِياد » ، باعتمادِ الآلة البخاريّة . وهكذا رأت النورَ عربات مُختلِفة ، تدفعُها قوّة البخار . بعدَ « ديلامار — ديبوتفيل » ، الذي تُعتَبَرُ سيّارتُه ذاتُ

الاحتراق الداخليّ ، أوّلَ سيّارةٍ تحرّكت بسُرعة على طريق (١٨٣٣) ، تبنّى هذا المحرِّك « المتفجِّر » جماعةٌ من مؤَيِّديه ، على رأسِهم « دِمْلَر » و « بِنز » و « فُورْسِت » ، وتمكَّنوا أخيراً من فرضِه .

ولكنّ الغازات التي تنفثُها (٦) المحرّكات ذوات الانفجار الداخليّ ، تُلَوِّثُ الهواءَ تَلويثاً خطِراً . ولذا ، فقد يأتي يومٌ تَسقُطُ فيه هذه المحرّكاتُ من على عرشها ، لتَحُلَّ محلَّها محرِّكاتٌ كهربائيّة ، تؤَمِّن لها البطّاريّاتُ ذوات الوقود ، طاقةً (٧) لا ضررَ مِنها .

مبدأ الدورة الرباعيّة الحركة التي اخترعها « ألفونس بو دي روشا » سنة ١٨٦٢ : دخول الغاز عن طريق الامتصاص ، ضغط المزيج الغازيّ ، الانفجار ، نفث الغازات المحروقة .



التفسير

١ – إنجاز العمل : إتمامه ، تحقيقه .
٢ – أدرك الأمرَ : فهمَه .
٣ – جَنى يَجني : قطف .
٤ – براءَة : شهادة اختراع ، إجازة .
٥ – التقدُّم الحاسم : التقدُّم البيِّن ، النهائيّ .
٦ – نفثت السيّارةُ الغاز : أخرجتْه .
٧ – طاقـة : قوّة .

الأسئلة

١ – ما هي الفكرة التي خطرت « لفيليب ليبون » ؟
٢ – مَن نفَّذ فكرة ليبون ؟
٣ – ما هو المبدأ الذي قرَّره « دي روشا » ؟
٤ – ما هي مراحل عمل المحرّك الرباعي الحركة ؟
٥ – هل أفاد « لينوار » و « روشا » من اختراعَيْهما ؟
٦ – من استغلّ محرّك « دي روشا » وأنتجه صناعيّاً ؟
٧ – ما هو الضررُ الناتج عن مُحرِّكات السيّارات ؟

التبنيج المريح



كانت المستشفيات ، قديماً ، أماكن يسودُها الذُعر والألم المبرح ! ما أعظم فضل « هوراس ولز » الذي أراحنا من الألم !

بعدما درس « ديفي » ، العالِمُ الانكليزيّ الكبير ، زمناً طويلاً ، أوّلَ أُكسيد الآزوت ، لاحظَ ، منذُ أواخرِ القرن الثامنَ عشر ، أنّ ذاك الغاز ، « كان يتمتّع بعِدَّة خصائص [1] منها خاصَّةُ إلغاءِ الأَلَم ، وأنَّه قد يُستَعمَلُ بشكل نافع في العمليّات الجراحيّة » . الاّ أنّ هذه الملاحظة التي ضاعت في خِضَمِّ [2] المذكّرات التي دوَّنها عن أَبحاثه الكثيرة ، لم تُلفِت انتباهَ أَحد . ولذا فقد تأخَّرَ ظهورُ عهدِ التَبنيج عن موعدِه ، سحابةَ نصف قرن ... حتّى إنّ أحدَ كبار أسياد الجِراحة الفرنسيّين كان لا يزال يُعلن ، سنة ١٨٣٩ : « أمَّا تجنُّبُ الأَلَم في الجراحة ، فسَرابٌ [3] لا يجوزُ تَتَبُّعُه بعدَ اليوم ! » كان ذلك ، والحقُّ يقال ، إدِّعاءً سَوداويّاً ؛ ولسوف يكذِّبه ، بعدَ سنوات ، طبيبُ أسنان أميركيّ ، من « هارتفورد » هو « هوراس وِلْز » (١٨١٥ – ١٨٤٨) .

كان أحدُ أصدقاء طبيب الأسنان ، وهو الدكتور « كُلتُن » ، قد أراد أَنْ يَختبرَ تأثيرَ أوّلِ أُكسيد الآزوت ، في إثارة الضَحِك ، (وقد عُرِف ، فيما بعد ، أنّ ذاك التأثير يعود الى بعض الأوساخ العالقة بهذا الغاز) ؛ فجمعَ لهذه المناسبة في مختبرِه ، عدداً من أصدقائِه المقرَّبين ، وفيهم « وِلْز » . وفيما كان يُسلِّطُ الغاز على شخصٍ مساعدِه ، السيِّد « كولي » ، فقدَ هذا الوعيَ ، وسقطَ بكلِّ ثِقلِه على الأرض ، فأصيبت ساقاه بجروح مُؤْلِمة . إلاّ أنَّ السيّد « كولي » ، لمّا استعادَ وعيَه ، أكدَّ أنَّه لم يشعر قطُّ بأنَّه قد جُرِح . إذ ذاك لمعتْ في خاطر « وِلز » فكرةٌ ذكيّة ، فقرَّر في الحال أنْ تُقتَلعَ له سنٌّ مريضة ، بعدَ أَنْ يَتَنَشَّقَ شيئاً من الغاز . جرت عمليّة اقتلاعِ السنّ من غير أَلم ، فهتف « وِلْز » ظافراً : « إنَّ عهداً جديداً ينفتح اليومَ في جراحة الأسنان ! » . والحقيقة ، أنَّ الجراحة بكامِلها كانت على عتَبةِ(٤) انقلابٍ ثَوريّ : لن تكون قاعاتُ العمليّات ، بعدَ ذلك اليوم ، أماكنَ تَعذيب وذُعر(٥) .

في هذه الاثناء ، درس « وِلز » خصائصَ « الأثير الكبريتيّ » ، الذي كان الطبيب « كروفورد لونغ » قد لاحظ مفعولَه التخديري ، في بعض « الحلَقات – الأثيريّة » التي كان يعقدُها البعض للانتشاء(٦) بأَبخرته ... أدرك(٧) « مُورتُن » ، تلميذُ « وِلز » ، أنَّ التبنيج بالأثير يتعدّى حدودَ اختصاصِه ؛ فقام ، في ١٦ تشرين الأول ١٨٤٦ ، في « بُوستُن » ، بالتبنيج الأوّل بواسطة هذا الغاز ، وذلك في أثناء عمليّة جراحيّة هامّة .

في السنة التالية ، وفي مدينة « إيدنبورغ » ، لجأ « سِمْبسن » بنجاح الى « الكُلوروفُورم » ،

في مكتب الدكتور « كُلتُن » ، سيكشف سقوط السيّد « كولي » « لِولز » نتائج أوّلِ أُكسيد الآزوت المخدِّرة ، فيما لم يكن الماضي قد كشف غيرَ نتائجه المضحكة .



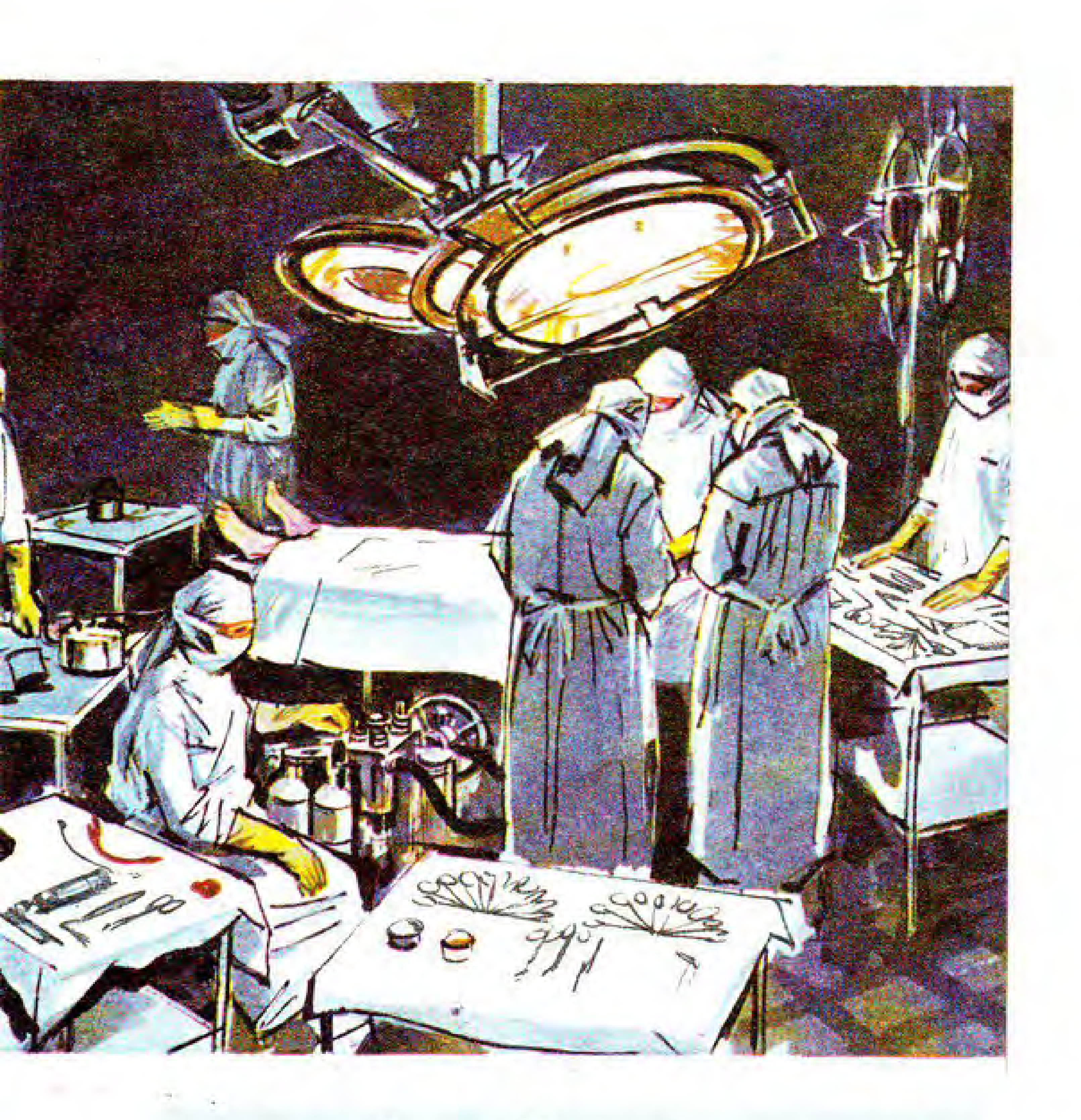
الملكة فكتوريا ، أوّل أمرأة ولَّدت بلا ألم .



نتائج « حلقة انتشاء أثيريّــة » ...

الذي استُعمِل ، عام ١٨٥٢ ، لصالح الملكة فكتوريـا . فكان ذلك الحدثُ تاريخيّاً ، وعُرِفت طريقة التبنيج بالكلوروفورم ، « بالتبنيج على الطريقة الملكيّـة ! »

ابتداءً من سنة ١٨٨٥ ، عمَّم الطبيبُ الجرّاح « بول رِيكْلو » ، شقيقُ العالِم الجغرافيّ الشهير ، « إليزيه ريكْلـو » ، استعمالَ الكوكايين للتبنيج الموضعيّ . وفيما كانت تقنيّات الاستعمال تتحسّن وتتطوَّر ،



قاعة عمليّات حديثة ، وقد هُيِّئت فيها أجهزة التبنيج .

ظهرت مستَحضراتٌ[٨] تخديريّة أُخرى ، منها كلورور الأثيل ، والأسكوبولامين ، والبروكايين ، والسيكلوبروبان ، والبَربيتوريكالخ . .

وهكذا توفّرت للطبيب مجموعةٌ كاملة من مستُحضرات التبنيج التي تُعطى بطُرُق مختلفة (بالاستنشاق ، أو عن طريق باب البَدن ، أو عن طريق الأَورِدة) ، ممّا حملَ الطبَّ على فتح باب لإختصاص جديد هو : علم التبنيج والتخدير .

التفسير

١ – خصائص : جمع خاصَّة : صِفَة معيَّنة ، مميِّزة .
٢ – خضمّ المذكِّرات : بحرُ المذكِّرات ، المذكِّرات الكثيرة .
٣ – سَراب : وَهم .
٤ – عتَبة انقلاب : مطلع عهد جديد .
٥ – ذعر : خوف شديد .
٦ – الإنتشاء : السُكْر .
٧ – أدرك : فَهِمَ .
٨ – مستحضرات : مواد ، مصنوعات .

الاسئلة

١ – ماذا لاحظ « ديفي » من خصائص أوّل أُوكسيد الآزوت ؟
٢ – لماذا لم يستفد الطب من ملاحظة « ديفي » ؟
٣ – من اكتشف ظاهرة التبنيج للمرّة الأولى ؟
٤ – إروِ الحادثة التي كشفت عن مفعول أوّل أكسيد الآزوت التبنيجيّ .
٥ – ماذا اكتشف « ولز » من خصائص « الأثير الكبريتي » ؟
٦ – ما هو أشهر غازات التبنيج ؟ ومن اشتهر بالإفادة منه ؟
٧ – أُذكر بعضَ مستحضَرات التبنيج والتخدير الأُخرى .

وِلادَةُ حَضَارَة

١ ـ من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ ـ الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طيارة الورق ، أكثر من لعبة بسيطة
٣ ـ آلات قياس الوقت • الورق ، مطية الفكر • الطرقات ، سبل اتصال بين الشعوب
٤ ـ السيطرة على المعادن • المرآة : من دنيا التبرج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرك
٥ ـ من النظارتين الى المنظار الى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحررنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التَقنِيَّة تَقوم بأولى تحدِياتها الكَبيرة

٦ ـ المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ إلى ... غد
٧ ـ الأسلحة النارية عدة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين ، في طقم الفرس ، خلاص للمرهقين
٨ ـ « دولاب بسكال » جد الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة إلى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ ـ التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط .

منَ الحِرَف اليَدويَّة الى الصِّناعَة

١٠ ـ الآلة البخارية • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من "السلحفاة" الى "الصاعقة"
١١ ـ المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة "كونيو" البخارية الى سياراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ ـ الآلات الالكتروستاتية • شارل "فرنكلين" • من المنطاد الى البالونات الفضائية .
١٣ ـ تلغراف "شاب" • من النسيج البدائي الى نول الحياكة • الدراجة الأولى وذريتها .
١٤ ـ بطارية "ڤولتا" • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية .
١٥ ـ "لينيك" و "الستيتسكوب" • علب المحفوظات التي تعد بالمليارات • التربينات في العمل
١٦ ـ التلغراف الكهربائي يخترعه رسام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء .
١٧ ـ لوحة الألوان المركبة • المحرك المتفجر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدر .

العَالَم يُبدِّل معَالِم وَجهِهِ

١٨ ـ الديناميت للسراء والضراء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ ـ صناعة البرد • الدينامو مولد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن .
٢٠ ـ الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ ـ سلسلة البرد • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي الى الالكتروفون
٢٢ ـ حجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصر الحديد في البناء • أنبوب أشعة إكس يقهر الكثافة .
٢٣ ـ من الفنكستسكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالآمال الرحبة
٢٤ ـ محرك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيلينوغراف
٢٥ ـ زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السحرية على الشاشة الصغيرة .

مِنَ الذَرَّة الى الفَضَاء

٢٦ ـ كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذرية • المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات
٢٧ ـ الرادار الساحر • من الابيق القديم الى ابراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ التزنزيستور والترنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس

أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء ، وأطلق أولى السفن البخارية ، والمناطيد والغواصات الأولى . وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصناعيّة بفضل البخار والكهرباء والآلة ، فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع : من القاطرة والسكة الى عيدان الثقاب ، ومن التلغراف الى التصوير الشمسي ، ومن الدراجة الى التربينة ...

تأليف : ف . لوت
رسوم : ب . بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة